

1996 VE 2005 YILLARINDA ANKARA'DA EMEP İSTASYONUNDAN ALINAN YAĞIŞ ÖRNEKLERİNİN ANALİZİ VE KARŞILAŞTIRILMASI

Melek KARAKAYA^(*), Sevinç ERTAŞ, Behiye GÜNDÜZ, Nevin CENGİZ,
Lütfü KILIÇLAR, Canan YEŞİLYURT, Niyazi AKCAN,
Banu BAYAR, Hamza YILDIZ

Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkez Başkanlığı, Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü, Hava Kalitesi Kontrol ve Araştırma Laboratuvarı, Sıhhiye, ANKARA

ÖZET

Bu çalışmada; Ankara EMEP Çubuk II ölçüm istasyonundan toplanan 1996 yılında 72, 2005 yılında 82 adet yağmur suyu numunesi analizlenmiştir. Yağmur suyunun yıllık ağırlıklı pH ortalamaları, 1996 da 5,95 iken, 2005 yılında bu değer 5,54 dür. 1996 da ve 2005 de sırasıyla antropolojik iyon konsantrasyonlarından NH_4^+ ün ağırlıklı ortalaması 0,67; 0,34 mg L^{-1} , SO_4^{2-} 0,84; 1,01 mg L^{-1} , NO_3^- 0,36; 0,41 mg L^{-1} dir. Yağış miktarı 1996 da 289,08 mm, 2005 yılında 349.63 mm olarak ölçülmüştür. Analizi yapılan yağmur suyu numunesindeki kirleticiler ağırlıklı olarak uzun menzilli kirlilik kaynaklarından taşınmaktadır.

ABSTRACT

In this study, in 1996 72 and in 2005 82 precipitation samples which were collected at a permanent rural EMEP ÇUBUK II station in Ankara were analyzed. According to annually weighted mean pH of the rainwater in 1996 and in 2005 were 5,95 and 5,54 respectively. In 1996 and in 2005 from the concentrations of anthropogenic ions NH_4^+ , SO_4^{2-} , NO_3^- weighted mean concentrations were 0,67; 0,34 mg L^{-1} and 0,84; 1,01 mg L^{-1} and 0,36 and 0,41 mg L^{-1} respectively. Amount of precipitation in 1996 and in 2005 were measured 289,08 mm and 349,63 mm respectively. The pollutants in rainwater samples analyzed are welded from long ranged sources.

ANAHTAR SÖZCÜKLER

Ankara, RSHMB, Yağış, Sınırlar Ötesi Hava Kirliliği, EMEP Programı

GİRİŞ

Asit yağmurları son yıllarda ekosistem üzerine direk ve insan sağlığına dolaylı kötü etkisinden dolayı toplumların ilgisini çekmektedir. Asit yağmurlarının asıl nedeni endüstriyel bölgelerde fosil yakıtlarının yakılması sonucu atmosferde oluşan H_2SO_4 ve HNO_3 gibi güçlü asit karışımlarıdır. Yağışın niteliği yağışın olduğu bölgedeki atmosferin niteliğini yansıtır. Yağmurun niteliğinin (bileşiminin) belirlenmesi gaz ve partiküller maddeler için farklı kaynakların rölatif önemini ölçmeye yardım eder. Bu nedenle yağışların kimyasal bileşimi ile

* melek.karakaya@rshm.gov.tr

ilgili çalışmalar yoğun bir şekilde yağışların asitlik derecesi ile ilgilidir (Galloway vd.,1983; Lacaux vd.,1992; Smirnioudi vd.,1992; Tuncel vd.,1996; Lee vd., 2000, Tuncer vd.,2001).

Son yıllarda ülkemizde ciddi boyutlarda hissedilen çevre kirlenmesi; dengeli ve sağlıklı bir çevre bilincinin oluşması için önemli bir başlangıç noktası olmuştur. Çevre korunmasının önemi ve son yıllarda kazandığı boyutlar; ferde dengeli ve sağlıklı bir çevrede yaşama hakkı tanınmasını zorunlu kılmıştır.

“Avrupa’da Hava Kirliliğinin Takibi ve Değerlendirilmesi İşbirliği Programı” (EMEP) kapsamında ülkemizde gerçekleştirilen çalışmalar, T.C. Sağlık Bakanlığı, Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi Başkanlığı (RSHMB) bünyesinde yürütülmektedir. EMEP; kırsal bölgelerdeki hava kalitesini belirlemek, kirleticilerin uzun mesafelere taşınımını ve Avrupa genelinde hava kirliliğinin uzun vadede eğilimini izlemek üzere planlanmış, uluslararası bir programdır.

EMEP fikri; 1970’li yıllarda Güney İskandinavya’daki göllerin asitleşmesi sonucu, çok sayıda balığın ölmesi ile doğmuştur. İskandinavya’daki lokal kirlilik düzeyinin çok düşük olmasından dolayı, göllerin asitleşmesine sebep olan kirleticilerin İngiltere ve Almanya’dan bu bölgeye taşındıkları varsayılmıştır. Bundan dolayı Norveç ve İsveç; kirleticilerin sınırlar ötesi uzun mesafelere taşınımını değerlendirmek ve ülkelerin kirlenmedeki sorumluluklarını belirlemek üzere, Avrupa’da uluslararası bir çalışmanın başlatılmasını talep etmişlerdir. Bunu takiben, hava kirleticilerinin uzun mesafelere taşınımını izlemek üzere; Birleşmiş Milletler, Avrupa Ekonomik Komisyonu çalışmaları kapsamındaki; “Uzun Menzilli Sınırlar ötesi Hava Kirliliği Sözleşmesi”; birçok Avrupa ülkesi tarafından 1979 yılında Cenevre’de kabul edilmiştir. Bu kapsamda, kentsel ve endüstriyel bölgelerden uzakta seçilen temiz hava bölgelerindeki hava kirliliğinin izlenmesi amacıyla bir ölçüm ağı oluşturulmuştur. Bu kapsamda; Alman Teknik İşbirliği Teşkilatı (GTZ) desteği ile gerçekleştirilen, ülkemizde “Bir Temiz Hava Ölçüm İstasyonu Kurulması” konulu proje çalışmaları, 1991 yılında başlatılmış ve Ankara’ya yaklaşık 50 km uzaklıktaki Çubuk II Barajı alanında kurulan ölçüm istasyonu 1992 yılı sonunda faaliyete geçirilmiştir.

Avrupa’da Hava Kirliliğinin Takibi Ve Değerlendirilmesi İşbirliği (EMEP) Programı

EMEP Programı’nın ana hedefi; hava kirleticilerinin, konsantrasyonları ve birikimleri ile sınırlar ötesi uzun mesafelere taşınmalarına yönelik bilgilerin sağlanmasıdır. Bu programdan elde edilen ulusal ve dış kaynaklı emisyonlara ait bilgiler; katılımcı ülkelerdeki yetkililerin, yerel ve bölgesel düzeyde müsaade edilebilir konsantrasyon seviyelerini belirleyebilmeleri için yol gösterici olmaktadır. Hava kirleticilerinin konsantrasyonları ve birikimlerine yönelik bilgiler; azaltma stratejileri için de bir temel teşkil etmekte olup, kükürt ve azot emisyonlarının azaltılması için gerekli olan tedbirleri belirlemek amacıyla oluşturulacak modellerin geliştirilmesini sağlamaktadır.

EMEP Programı üç ana bölümden oluşmaktadır:

Emisyon verilerinin toplanması,

Hava ve yağış kalitesinin ölçülmesi,

Emisyon verileri, meteorolojik veriler, transformasyon ve yer değişimi ile ilgili prosesleri tanımlayan fonksiyonları kullanarak atmosferik dağılım modellerinin oluşturulması.

EMEP Ölçüm Ağı; “background” bölge olarak adlandırılan, temiz hava bölgelerinde kurulmuş olan izleme istasyonlarından oluşmaktadır. Bu ölçüm alanlarının, bölgedeki hava ve

yağış kalitesini ve mümkün olduğu ölçüde yağış miktarını temsil edebilecek özellikte olması gerekmektedir. EMEP Programı Ölçüm Ağı bünyesinde yer alan; batı ve doğu Avrupa'daki 36 ülkede kurulmuş olan 103 istasyonda; 24 saatlik hava ve yağış numuneleri alma çalışmaları sürdürülmektedir. Atmosferik dağılım hesaplamalarının doğruluğu; belirli aralıklarla tekrar edilen ölçümlerin karşılaştırılmasına yönelik çalışmalar ile değerlendirilmektedir. EMEP Programı kapsamında yürütülen izleme faaliyetlerinden elde edilen ölçüm sonuçlarının karşılaştırılabilirliği ve kalite güvenilirliğinin sağlanması açısından, ölçüm istasyonlarının EMEP Programı için belirlenen kriterlere uygun olarak seçilmesi gerekmektedir.

Emep Ölçüm Programı. Emep Ölçüm Programı Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. EMEP ölçüm programı

	Parametre	Ölçüm periyodu	Analizör – Metot
Gaz	SO ₂	saatlik	UV Fluorescent SO2 Analizörü –43S, Thermo Environmental Instrument
	NO ₂	günlük	UV Spektrofotometre – NaI Metodu
	O ₃	saatlik	UV Fotometrik APOA-350E HORİBA
Partikül	SO ₄ ⁻	günlük	İyon kromatograf
Gaz+ Partikül	HNO ₃ (g)+NO ₃ ⁻ (p)	günlük	İyon kromatograf
	NH ₃ (g) + NH ₄ ⁺ (p)	günlük	UV Spektrofotometre - Indofenol Metodu
Yağış	Miktar-	günlük	
	SO ₄ ⁻ , NO ₃ ⁻ , Cl ⁻	günlük	İyon kromatograf
	pH/H ⁺ ,	günlük	Metrohm 654 pH Metre
	NH ₄ ⁺	günlük	UV Spektrofotometre - Indofenol Metodu
	Mg ⁺⁺ ,Ca ⁺⁺ ,K ⁺⁺ , Na ⁺	günlük	AAS Perkin Elmer 1100B - Alev Ünitesi
	İletkenlik	günlük	Kondiktivimetre (WTW LF 96)
Meteorolojik Parametreler	Rüzgar hızı	sürekli	Anemometre-Thies Clima
	Rüzgar yönü	sürekli	Thies Clima
	Sıcaklık	sürekli	Thies Clima
	Bağıl nem	sürekli	Thies Clima
	Güneş radyasyonu	sürekli	Thies Clima

Elde edilen verilerin karşılaştırılabilirliğinden emin olmak amacıyla; “Norveç Hava Araştırmaları Enstitüsü, Kimyasal Koordinasyon Merkezi (CCCNorwegian Institute of Air Research, Chemical Coordination Centre, NILU-CCC) tarafından, laboratuvarlar arası analitik yöntemlerin karşılaştırılması programları uygulanmaktadır.

DENEYSEL KISIM

Numune Alınan Yer

Çubuk İlçesi, Karadeniz Bölgesi ile İç Anadolu Bölgesinin geçiş alanını oluşturan; Köroğlu dağlarının güney uzantıları arasında kalan ova ve platoluk bir sahadan oluşmaktadır. Ortalama yükseklikleri 1400 metreyi bulan, birer yüksek plato özelliğindeki Karyagdı ve Mire dağları İlçenin batısını oluştururken, Işık Dağı ve Aydos Dağı 1500 metreyi geçen yükseltisiyle ilçeyi kuzeyden kuşatır. İlçenin doğusunda ise 1900 metreye ulaşan İdris Dağı ile Karbasan Dağı yer alır. Bu yükseltiler arasında, Kuzeydoğu-Güney Batı doğrultusunda uzanan; adını ilçeye de veren Çubuk ovası 20 km. uzunluğu ve 15 km. ye varan genişliği ile geniş bir alanı kaplamaktadır. Yazları sıcak ve kurak olan iklim, kışları soğuk ve yağışlıdır. Yağışlar kışın genellikle kar şeklindedir. Çubuk ta yıllık yağış miktarı İlçe merkezinde 401 mm'dir. En fazla yağış Kışın düşerken bunu İlkbahar mevsimi izlemektedir. En yağışlı ay ise 59 mm ile Mayıstır. Yıllık sıcaklık değerlerine bakıldığında; kış sıcaklıklarının düşük, yaz sıcaklıklarının ise yüksek olduğu görülür. Çubuk ilçesi Ankara ya 40 km uzaklığa sahip olmasına karşın Ankara'nın bir sayfiye ve dinlenme merkezi durumundadır. Çubuk'ta hâkim rüzgârlar Kuzeydoğu ve ikinci derecede Güneybatı rüzgârlarıdır. Denizden uzak olması sebebiyle nem miktarı oldukça düşüktür. Ankara'nın kuzey doğusunda, Çubuk II Barajı sahasında EMEP kriterlerine uygun ölçüm istasyonu (Şekil 1) kurulmuş ve işletmeye açılmıştır.



Şekil 1. EMEP ÇUBUK II istasyonu

Numune Alma

Burada numune alma ile ilgili olarak sadece kısa bir deneysel teknik bilgi verilecektir. Detaylı örnekleme metodu "EMEP Manuel For Sampling And Chemical Analysis"e göre hazırlanmıştır. Yağış numuneleri yağış örnekleme cihazı kullanılarak günlük olarak toplanır. Bu amaçla laboratuvarında şartlandırılarak darası alınan ve örnekleme tarihlerini belirtir etiketlerle tanımlanmış yağış toplama kapları kullanılır. Laboratuvarından istasyona örnek toplamak için götürülen boş yağış toplama kapları ile, örnekleme işlemi tamamlanmış toplama kapları uygun koruma (yüksek yoğunlukta polietilen kaplar) ve taşıma aparatlarında yerlerine ulaştırılır. Laboratuvara gelen numune kapağı alınarak hemen tartılır. Metrohm marka 660 model konduktivimetre ile iletkenlik, Metrohm marka 654 model pH-metre ile yağışın pH sı ölçülür. Her ölçümden önce ekipmanların kalibrasyonu yapılır. Selüloz nitrat membran filtre kağıdı konulmuş süzme seti, temiz hava odasında süzme işlemine hazırlanır. Vakum pompası yardımıyla yağış numuneleri 250 mL'lik polietilen kapaklı kaplara süzülür. Numuneler en geç 15 gün içinde çalışılır. Süzülen yağış numuneleri analiz işlemine ve ondan sonra da raporlamaya kadar (+4°C) – (-6°C) da karanlıkta buzdolabında saklanır.

Kimyasal Analiz

Yağış numunesi içeriği Na, K, Ca ve Mg konsantrasyonları Atomik Absorbsiyon Spektrometre –Alev (AAS-Alev) cihazı ile belirlenmektedir. Bu metot , yağışta Na,K,Ca,Mg elementlerinin lineer aralıkta (0,01 – 2 mg lt⁻¹) ölçülmesi için kullanılmaktadır.

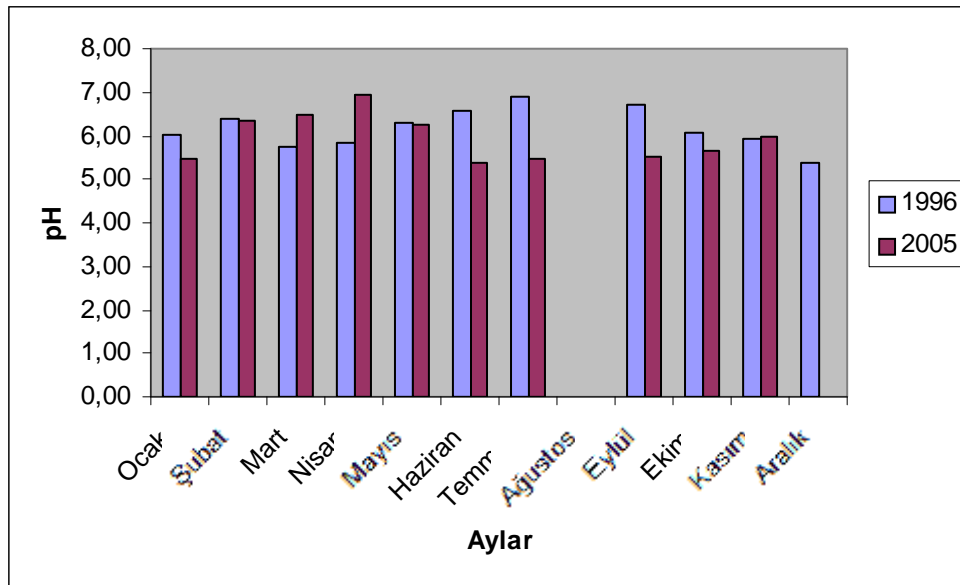
Bu talimat Hava Kalitesi Kontrol ve Araştırma laboratuvarı teknik personeli için, EMEP programı kapsamında yer alan “EMEP Manuel For Sampling And Chemical Analysis” e göre hazırlanmış talimata göre belirlenmektedir.

Bölgesel hava kirliliği izleme istasyonundan toplanan yağış numuneleri içeriği Cl (0,02 – 2 mg lt⁻¹), NO₃ – HNO₃ (0,019 – 1,9 mg lt⁻¹), SO₂ – SO₄ (0,021 – 2,1 mg lt⁻¹) lineer ölçüm aralığındaki konsantrasyonlar anyonik İyon Kromatoğrafi yöntemiyle belirlenir. Bu talimat, Hava Kalitesi Kontrol ve Araştırma Laboratuvarı teknik personeli için EMEP programı kapsamında yer alan “EMEP manuel for sampling and chemical analysis” göre hazırlanmış talimata göre belirlenmektedir.

Yağış numunesi içeriği amonyum (NH₄-N) konsantrasyonu; UV Spektrofotometre cihazı- Unicam 8625 – ile EMEP programı kapsamında yer alan “EMEP Manuel For Sampling And Chemical Analysis” NILU: EMEP/CCC-Report 1/95 Reference: 0-7726 Revision: November 2001 ‘e göre İndofenol-UV spektrofotometrik yöntemle göre belirlenmektedir.

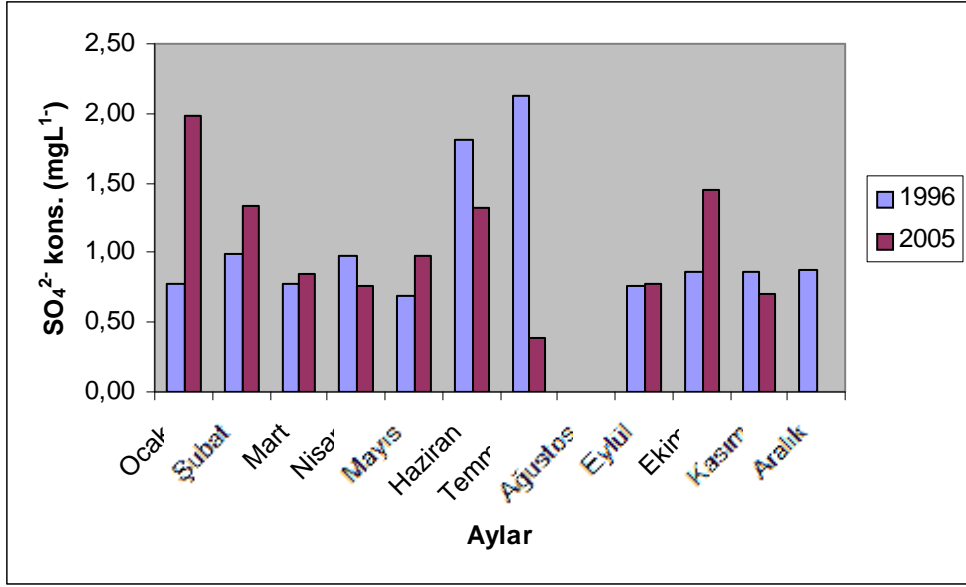
SONUÇLAR

Emep-Çubuk II ölçüm istasyonundan 1996 ve 2005 yıllarında alınan yağış örneklerinin analiz sonuçları ve karşılaştırılması grafikler şeklinde aşağıda verilmiştir.



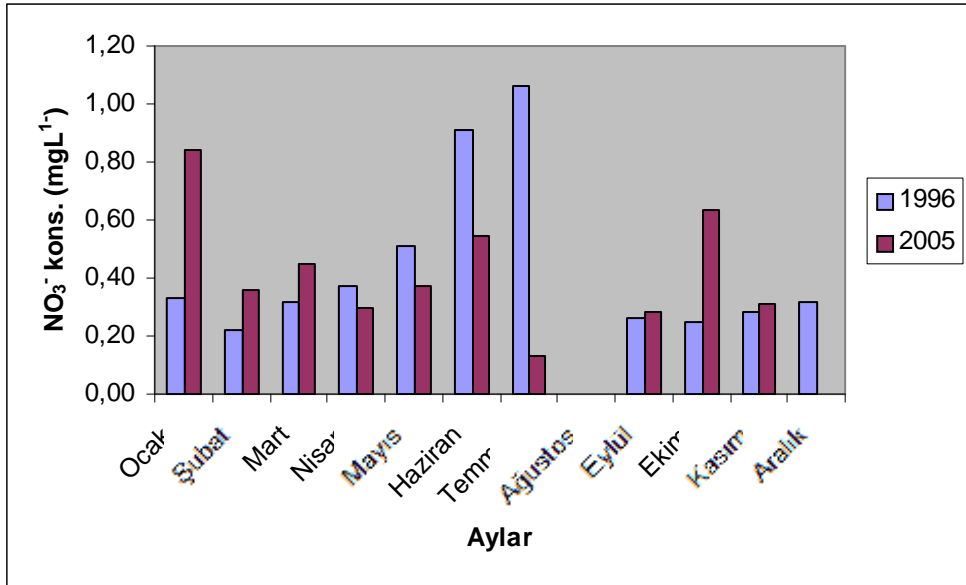
Şekil 2. 1996 ve 2005 yıllarında aylık ortalamalardan elde edilen pH değerlerinin aylara göre değişimi

Şekil 2. den 1996 ya göre 2005 te yağışların pH’sında bir düşüş açıkça görülmektedir. Her iki yılın Ağustos aylarında ve 2005’in Aralık ayında yağış gözlenmemiştir.



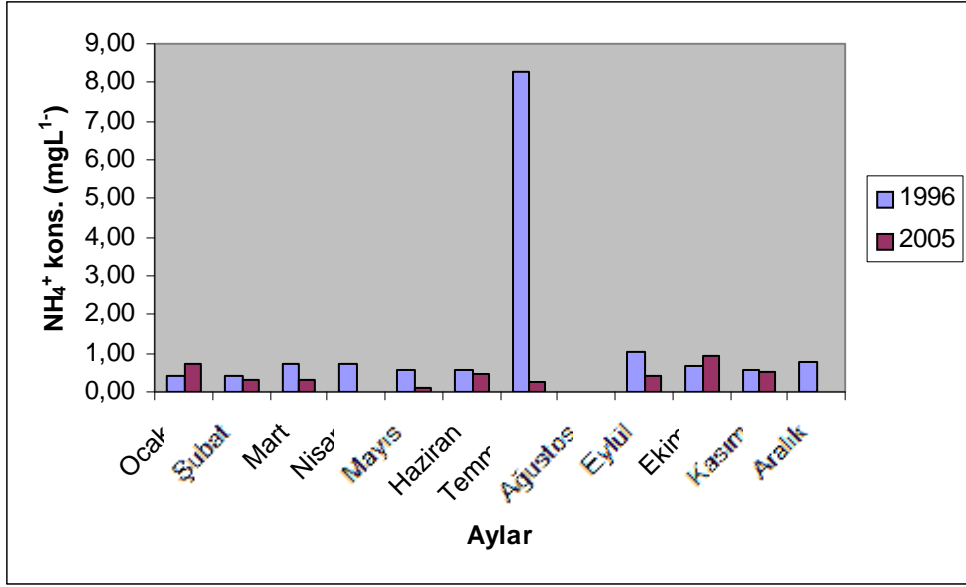
Şekil 3. 1996 ve 2005 yıllarında aylık ortalamalardan elde edilen SO_4^{2-} (mg L^{-1}) konsantrasyonunun aylara göre değışimi

Şekil 3'e göre 1996 da SO_4^{2-} konsantrasyonu birer yağışla Haziran ve Temmuzda artmakta ancak Ağustosta yağış olmamasına rağmen eylülde iki yağışla (sırasıyla miktarları 2,94 ve 21,94 mm) SO_4^{2-} diğer ayların ortalamalarına yakın değerlerdedir. 2005 yılında ise Haziran ve Temmuz yağışları hariç diğer aylardaki yağışlarda bu parametrenin arttığı açıkça görülmektedir. Bunun nedeni ölçülen yağış miktarları kıyaslandığında 1996 da Haziran ve Temmuzda çok az yağış alması, 2005 de daha çok miktarda yağış almasıyla ilgili olabilir.



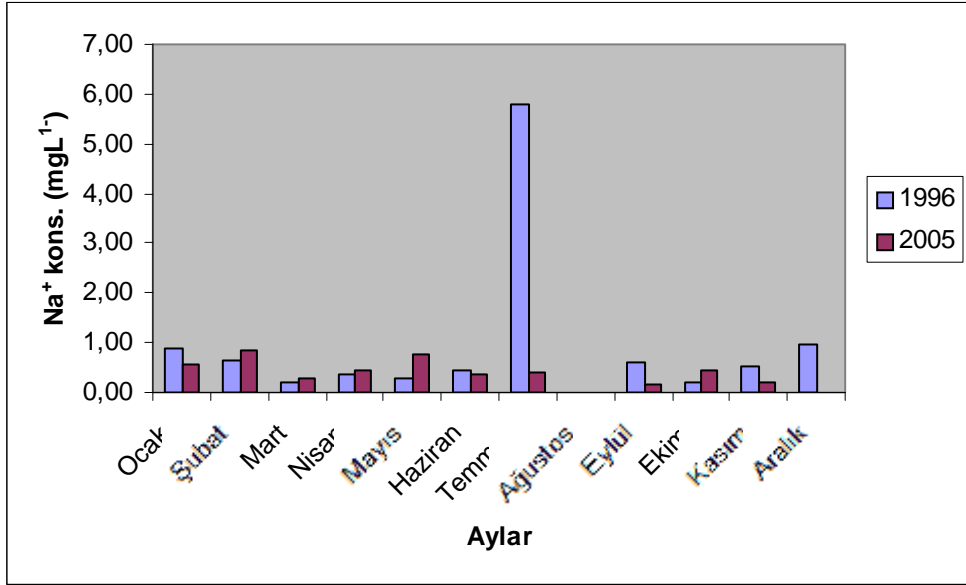
Şekil 4. 1996 ve 2005 yıllarında aylık ortalamalardan elde edilen NO_3^- (mg L^{-1}) konsantrasyonunun aylara göre değışimi

Şekil 4 te NO_3^- konsantrasyonunun aylara göre ağırlıklı ortalaması görülmektedir.



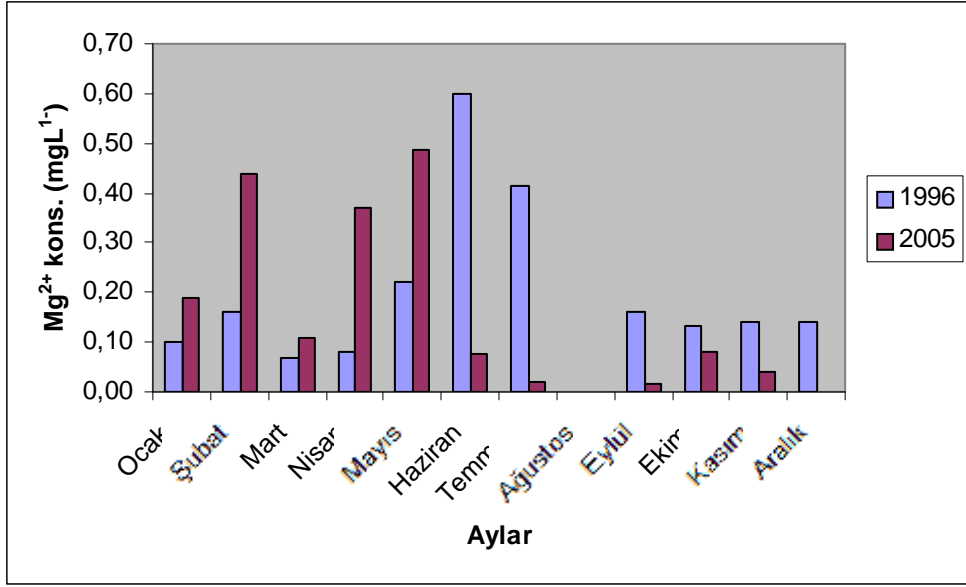
Şekil 5. 1996 ve 2005 yıllarında aylık ortalamalardan elde edilen NH_4^+ (mg L^{-1}) konsantrasyonunun aylara göre değişimi

NH_4^+ konsantrasyonunda sezon içindeki aylarda çarpıcı değişiklikler gözlenmiştir. 1996'da Temmuz ayındaki tek yağışta görülen konsantrasyonlardaki bu artış ekstrem bir olay (hâkim rüzgar yönü baz alınarak Marmaris'te 7 bin 90 hektar orman alanının yanması olabilir) olduğunu Şekil 5 göstermektedir.



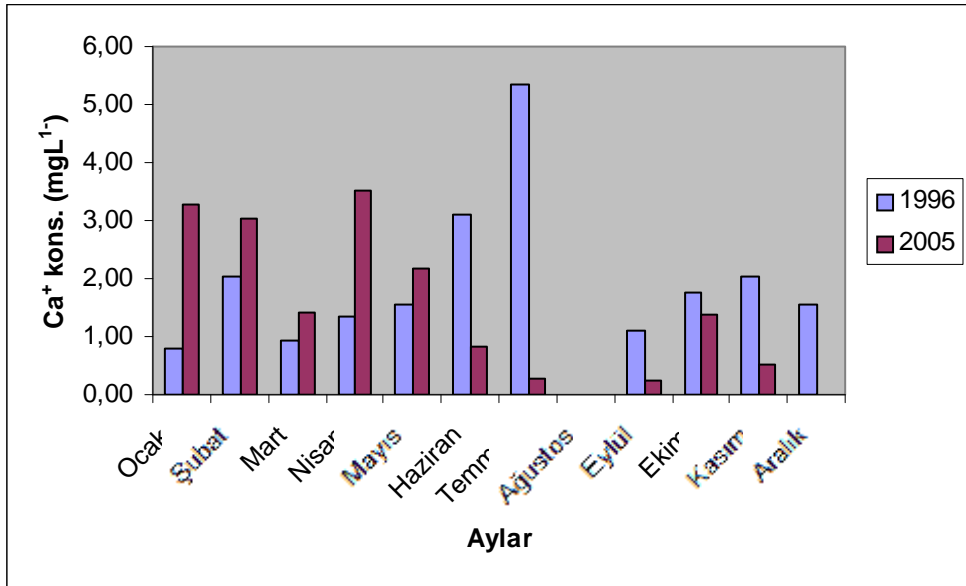
Şekil 6. 1996 ve 2005 yıllarında aylık ortalamalardan elde edilen Na^+ (mg L^{-1}) konsantrasyonunun aylara göre değişimi

Yukarıda da bahsedildiği gibi 1996 da Temmuz ayındaki tek yağışta görülen konsantrasyonlardaki bu artış ekstrem bir olay olduğunu şekil 6 göstermektedir.



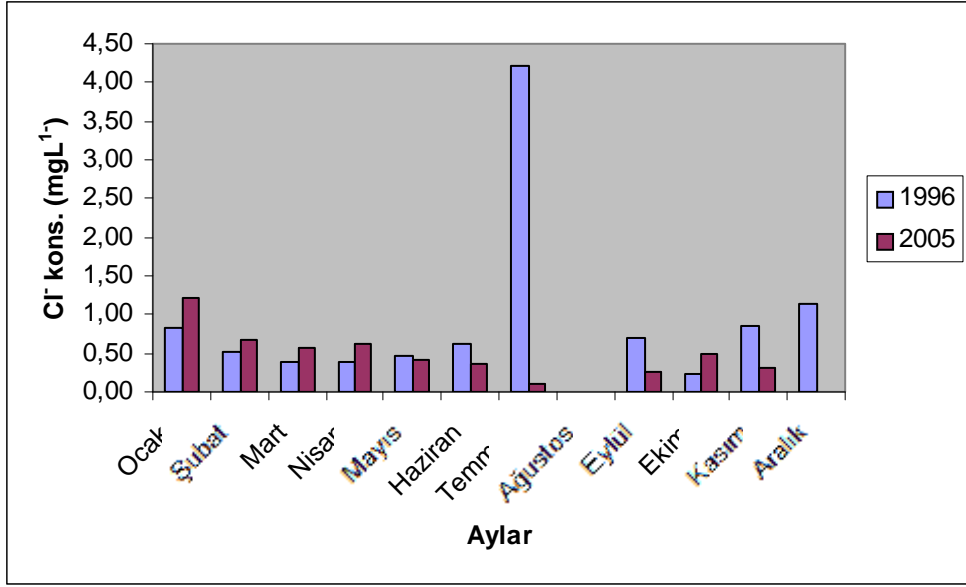
Şekil 7. 1996 ve 2005 yıllarında aylık ortalamalardan elde edilen Mg²⁺ (mg L⁻¹) konsantrasyonunun aylara göre değişimi

Şekil 7 de görüldüğü gibi Mg²⁺ konsantrasyonu diğer parametrelerden çok farklı bir dağılım göstermiştir. 1996'da yaz aylarında 2005 de ise en konsantre Mayıs olmak üzere yılın ilk beş ayında artış göstermiştir.



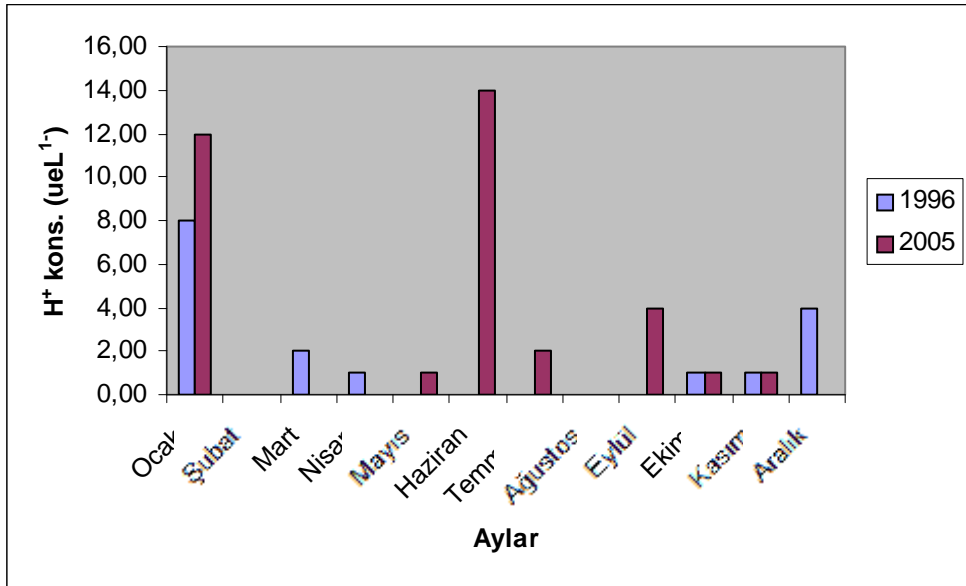
Şekil 8. 1996 ve 2005 yıllarında aylık ortalamalardan elde edilen Ca²⁺ (mg L⁻¹) konsantrasyonunun aylara göre değişimi

Şekil 8 de Ca²⁺ konsantrasyonu görülmektedir. Ca²⁺ konsantrasyonu Anadolu'nun toprağının kireçli oluşundan dolayı oldukça yüksek olması beklenir (Tuncer vd., 2001).



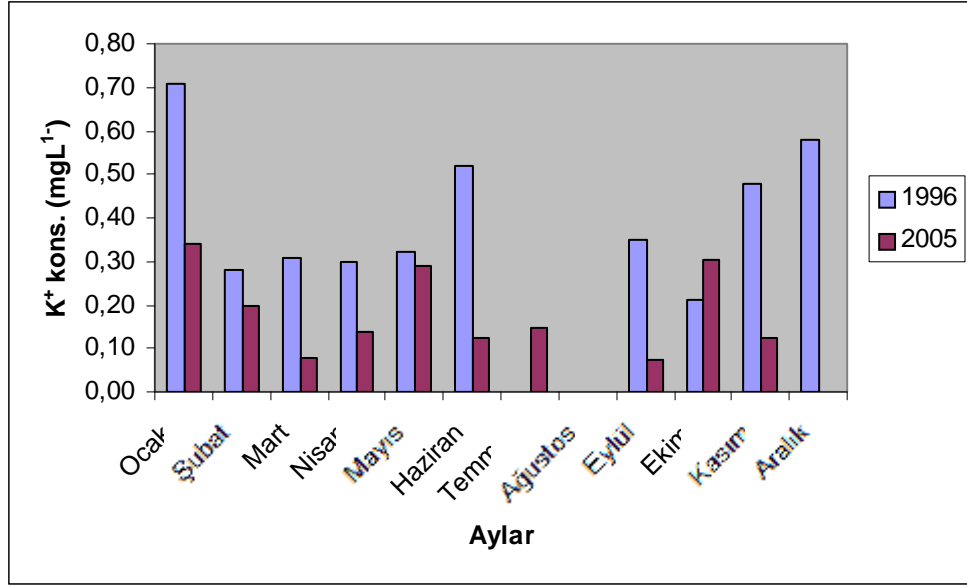
Şekil 9. 1996 ve 2005 yıllarında aylık ortalamalardan elde edilen Cl⁻ (mg L⁻¹) konsantrasyonunun aylara göre değişimi

Şekil 9 da görüldüğü gibi Cl⁻ konsantrasyonunda yaz sezonunda kısmen de olsa bir azalma söz konusudur. Yine yukarıda bahsedildiği gibi 1996 da Temmuz ayındaki tek yağışta görülen konsantrasyonlardaki bu artış ekstrem bir olay olduğunu göstermektedir.



Şekil 10. 1996 ve 2005 yıllarında aylık ortalamalardan elde edilen H⁺ (µg L⁻¹) konsantrasyonunun aylara göre değişimi

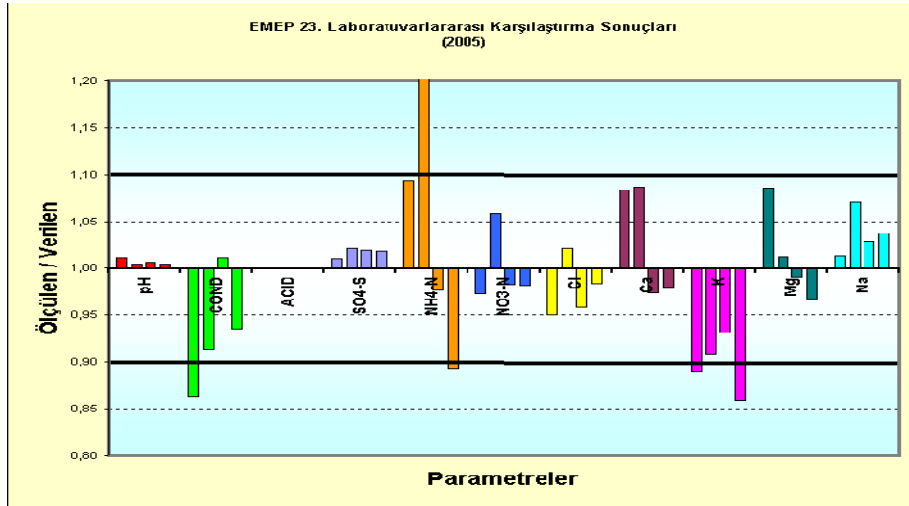
Şekil 10 aylara göre yağıştaki güçlü asitin ağırlıklı ortalaması görülmektedir.



Şekil 11. 1996 ve 2005 yıllarında aylık ortalamalardan elde edilen K⁺ (mg L⁻¹) konsantrasyonunun aylara göre değişimi

K⁺ konsantrasyonunun aylara göre değiştiği ancak sezonsal olarak belirgin bir fark göstermediği Şekil 11’de gözlenmiştir.

İletkenlik değerleri 2005 yılında en yüksek Ocak ayında 87,10, en düşük 8,65 uS cm⁻¹; 1996 yılında en yüksek Şubat ayında 110,20, en düşük Mart ayında 6,10 uS cm⁻¹ olarak okunmuştur.



Şekil 12. EMEP ölçüm programı kapsamında laboratuvarlar arası performans çalışması (2005)

NILU-CCC tarafından her yıl, laboratuvarlarda uygulanan yöntemlerin kalite kontrolü amacıyla düzenlenen "EMEP kapsamındaki Laboratuvarlar arası Analitik Yöntemlerin Karşılaştırılması" Programına katılım sağlanmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 12’de gösterilmiştir.

SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Ankara'da yağmur iyon kompozisyonunun 2005 te 1996 ya göre değişiklik gösterdiği gözlenmiştir. 1996 da Temmuz ayında bir kez 0,88 mm yağış almış ve bu yağışın iyon konsantrasyonu oldukça yüksektir. Buda ekstrem bir durum olabileceğini göstermektedir. Atmosferdeki birikim nedeniyle yağışın az olduğu durumlarda konsantrasyonların yüksek olması doğaldır. 2005 yılı Temmuz ayında 6 defa sırayla 0,35; 2,05; 15,93; 0,57; 0,52; 22,47 mm lik yağış alınmış ve yılın diğer aylarına göre 1996 da olduğu gibi yoğun bir iyon konsantrasyonu gözlenmemiştir. NH_4^+ , SO_4^{2-} , NO_3^- konsantrasyonlarında mevsimsel olarak önemli bir değişiklik gözlenmemektedir. 1996 da Temmuz ayındaki yağışta, aşırı derecede kirlenici parametrelerin artışı ekstrem bir olay olduğunu göstermektedir. Bunun da o günlerdeki hakim rüzgar yönünden dolayı Marmaris'te çıkan orman yangını sonucu olabileceği düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi Başkanlığı'na, Alman Teknik İşbirliği Teşkilatı (GTZ), Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi Başkanı Sayın Doç. Dr. Mustafa ERTEK'e, Başkan Yardımcısı Sayın Dr. Yıldırım CESARETLİ'ye, numunelerin alınmasını sağlayan Kimya Teknisyeni Sayın Muammer AKKURT'a, Kimya Teknisyeni Sayın Feyzi ŞAHİN'e teşekkür etmek isterim.

KAYNAKLAR

EMEP Manuel for sampling and chemical analysis. Norwegian Institute for Air Research (NILU); Draft Manual For Sampling And Chemical Analysis; Nilu, Emep/Ccc-Report 1/95, June 1995.

Galloway, J.N., Knap, A.H., ve Church, T.M. The composition of western Atlantic precipitation using ship board collectors, *Journal of Geophysical Research*, 88, 10859–10864,1983.

Lacaux, J.P., Delmas, R., Kouadio, G., Cros, B. ve Andreae, M.O. Precipitation chemistry in the Mayombe forest of equatorial Africa, *Journal of Geophysical Research*, 97, 6195–6206,1992.

Lee, B.K., Hong, S.H. ve Lee, D.S. Chemical composition of precipitation and wet deposition of major ions on the Korean peninsula, *Atmospheric Environment*, 34, 563–575,2000.

Smirnioudi, V.N. ve Siskos, P.A. Chemical composition of wet and dust deposition in Athens, Greece, in relation to meteorological conditions, *Atmospheric Environment*,26B, 483–490,1992.

Tuncer, B., Bayar, B., Yeşilyurt, C. ve Tuncel, G. Ionic composition of precipitation at the Central Anatolia, *Atmospheric Environment*, 35, 5989-6002, 2001.

Tuncel, S.G. ve Sevgi, U. Rain chemistry in Ankara, Turkey, *Atmospheric Environment*, 30, 2721–2727, 1996.